ADC Y PWM

ELO312: LAB. DE EST. DE COMPUTADORES
OCTUBRE DE 2012

OBJETIVOS

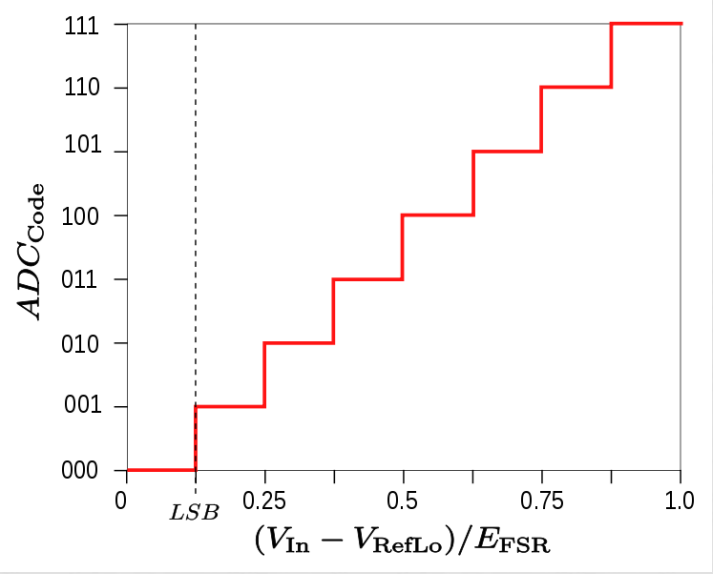
- Aprender a adquirir datos análogos utilizando el conversor ADC integrado.
- Generar señales PWM y controlar la posición de un servomotor.

CONVERSOR ADC

- Conversor Análogo a Digital
  - Entrada: Señal analógica a ser medida.
  - Salida: Una señal digital compatible con el sistema de procesamiento posterior.
  - Requiere:
    - Sample-and-Hold: Usado para tomar una muestra de la señal de entrada y mantener su valor durante un intervalo de tiempo.
    - Una frecuencia de muestreo basada en el Teorema de Nyquist.

ESPECIFICACIONES ADC (1)

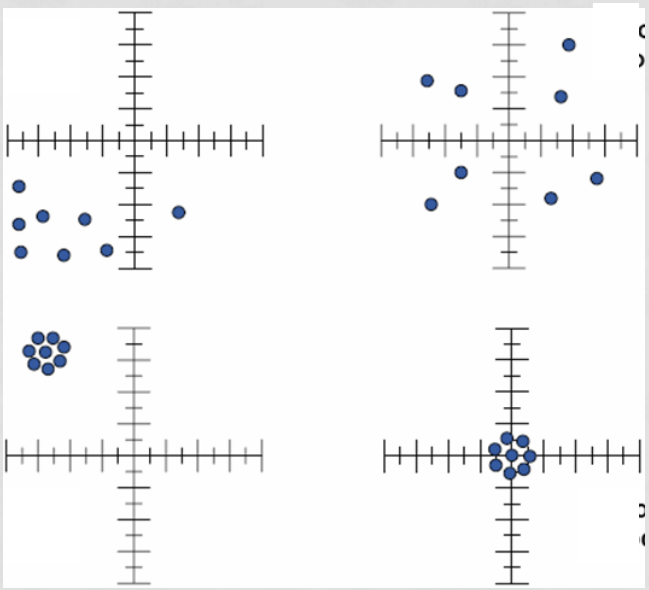
- Resolución (*R*)
  - Es el menor cambio en el voltaje análogo de entrada que produce un efecto en la salida digital.
  - Depende del rango de voltaje y el bit menos significativo
  - R = (Vref+ - Vref-) / (2^n – 1)



ESPECIFICACIONES ADC (2)

- Precisión
  - Grado de conformidad del código digital que representa el voltaje análogo con su valor actual (verdadero)
  - Se puede expresar como el "grado de certeza"

Precisión Pobre
Resolución Pobre



Precisión Buena
Resolución Pobre

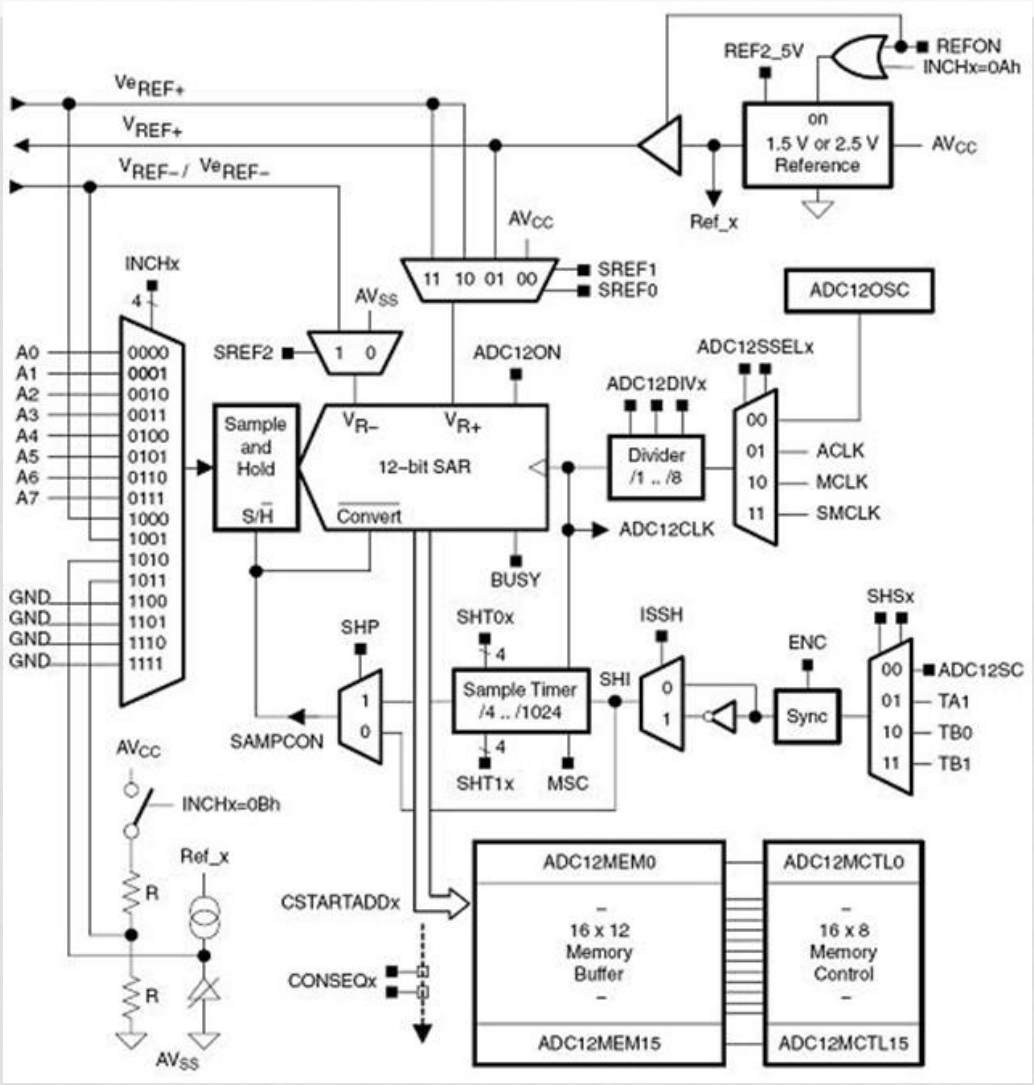
Precisión Pobre
Resolución Buena

Precisión Buena
Resolución Buena

ESPECIFICACIONES ADC (3)

- Rendimiento
  - Depende de las siguientes especificaciones:
    - Velocidad.
    - Precisión, que también depende del tipo de circuito:
      - DC:
        - Diferencial No Lineal.
        - Integral No lineal.
        - Con error de "Offset"
        - Con error de "Ganancia"
      - AC:
        - Relación Señal Ruido (SNR)
        - Relación Señal Ruido y Distorsión (SINAD)
        - Distorsión Armónica Total (THD)
        - Rango dinámico libre de espurias (SFDR)

CONVERSO ADC12 MSP430

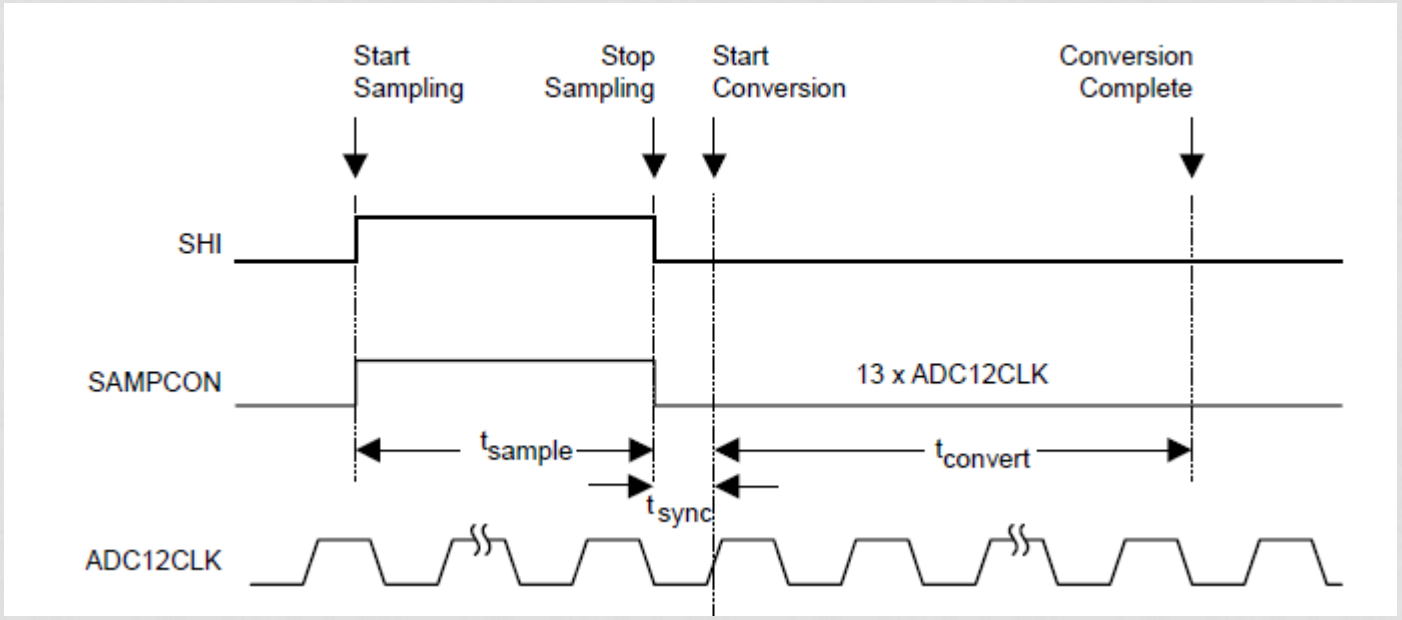


ADC12: NÚCLEO (1)

- Se habilita con el bit ADC12ON.
- Convierte una entrada análoga en una representación digital de 12 bit.
- Almacena el resultado en el registro ADC12MEMx (x es 0 .. 15).
- Límites superior e inferior: V_{R+} y V_{R-}
- La salida digital es:
  - 0x0FFF si la entrada es ≥ que V_{R+}
  - 0x0 si la entrada es ≤ V_{R-}
  - Resultado de la conversión (complemento base):
    - $4095 \times (Vin - V_{R-})/(V_{R+} - V_{R-})$

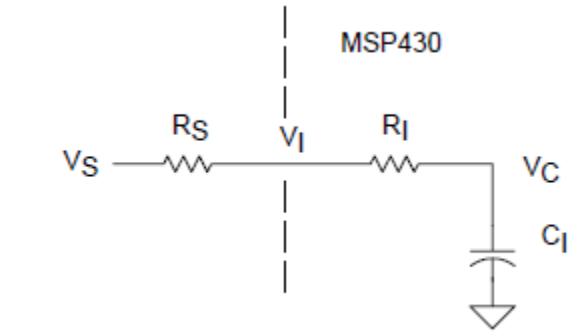
ADC12: NÚCLEO (2)

- Tiempos de muestreo y conversión



ADC12: NÚCLEO (3)

- Estimación del tiempo de muestreo



V_I = Input voltage at pin Ax
V_S = External source voltage
R_S = External source resistance
R_I = Internal MUX-on input resistance
C_I = Input capacitance
V_C = Capacitance-charging voltage

$$t_{sample} > (R_S + R_I) \times \ln(2^{13}) \times C_I$$

$$t_{sample} > (R_S + 2k\Omega) \times 9.011 \times 40pF$$

ADC12: NÚCLEO (4)

- Para preparar el funcionamiento se debe:
  - Escoger el reloj de conversión.
  - Seleccionar la(s) entrada(s) análoga(s).
  - Utilizar el generador de voltaje y/o escoger el correspondiente voltaje de referencia.
  - Escoger el modo de conversión.

ADC12: MANUAL DE USUARIO (1)

ADC12CTL0, ADC12 Control Register 0

15	14	13	12	11	10	9	8
SHT1x				SHT0x			
rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)

7	6	5	4	3	2	1	0
MSC	REF2_5V	REFON	ADC12ON	ADC12OVIE	ADC12 TOVIE	ENC	ADC12SC
rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)

Modifiable only when ENC = 0

SHT1x	Bits 15-12	Sample-and-hold time. These bits define the number of ADC12CLK cycles in the sampling period for registers ADC12MEM8 to ADC12MEM15.
SHT0x	Bits 11-8	Sample-and-hold time. These bits define the number of ADC12CLK cycles in the sampling period for registers ADC12MEM0 to ADC12MEM7.

ADC12: MANUAL DE USUARIO (2)

ADC12CTL1, ADC12 Control Register 1

15	14	13	12	11	10	9	8
CSTARTADDx				SHSx		SHP	ISSH
rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)

7	6	5	4	3	2	1	0
ADC12DIVx			ADC12SSELx		CONSEQx		ADC12 BUSY
rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	rw-(0)	r-(0)

Modifiable only when ENC = 0

CSTART ADDx	Bits 15-12	Conversion start address. These bits select which ADC12 conversion-memory register is used for a single conversion or for the first conversion in a sequence. The value of CSTARTADDx is 0 to 0Fh, corresponding to ADC12MEM0 to ADC12MEM15.
SHSx	Bits 11-10	Sample-and-hold source select 00 ADC12SC bit

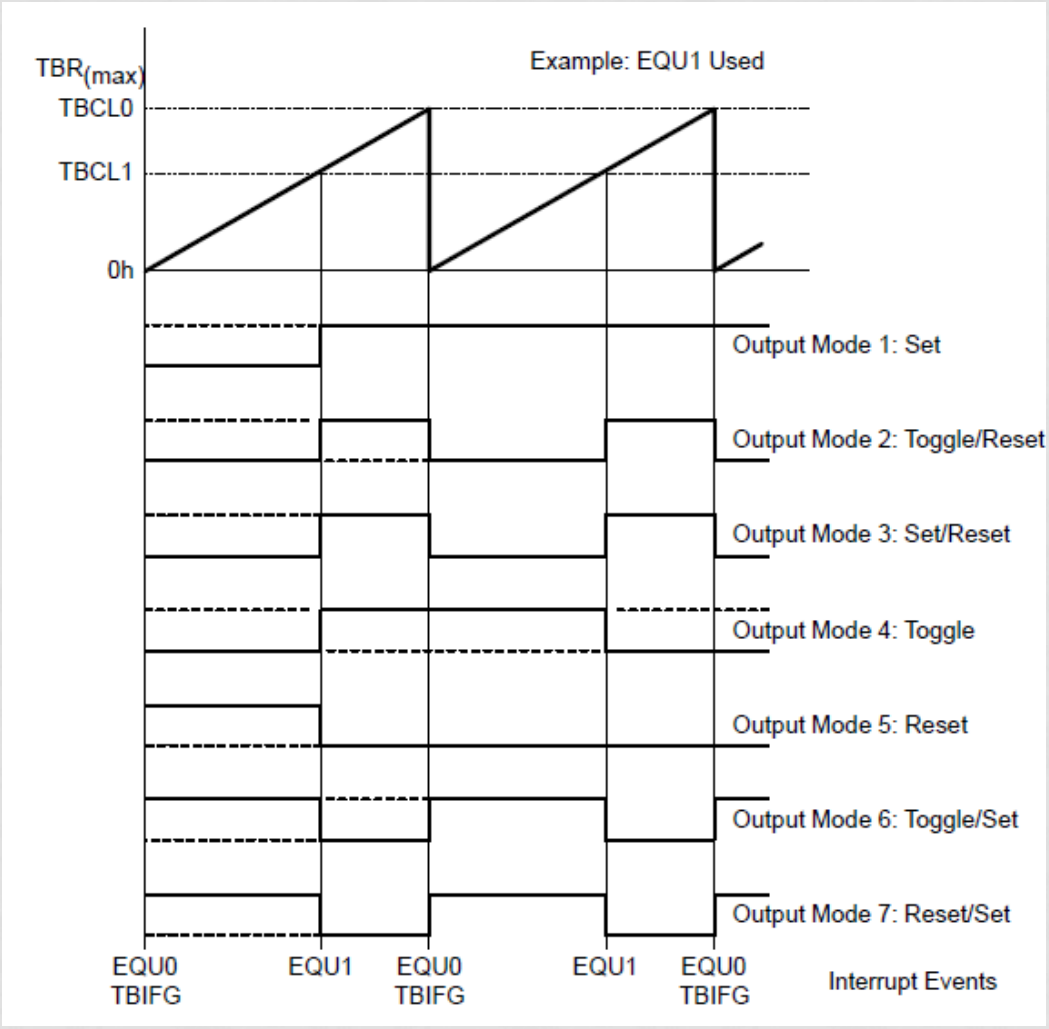
GENERACIÓN DE PWM (1)

- No es necesario programar señales PWM
- Se utiliza el timer
  - Se debe configurar la frecuencia
  - Se debe configurar el ciclo de trabajo
- No es necesario usar rutinas de interrupción
- Se usa la unidad de salida del timer
  - Se configura mediante los bit OUTMODx
  - Generadas por las señales EQU0 y EQUx

GENERACIÓN DE PWM (2)

OUTMODx	Mode	Description
000	Output	The output signal OUTx is defined by the OUTx bit. The OUTx signal updates immediately when OUTx is updated.
001	Set	The output is set when the timer *counts* to the TBCLx value. It remains set until a reset of the timer, or until another output mode is selected and affects the output.
010	Toggle/Reset	The output is toggled when the timer *counts* to the TBCLx value. It is reset when the timer *counts* to the TBCL0 value.
011	Set/Reset	The output is set when the timer *counts* to the TBCLx value. It is reset when the timer *counts* to the TBCL0 value.
100	Toggle	The output is toggled when the timer *counts* to the TBCLx value. The output period is double the timer period.
101	Reset	The output is reset when the timer *counts* to the TBCLx value. It remains reset until another output mode is selected and affects the output.
110	Toggle/Set	The output is toggled when the timer *counts* to the TBCLx value. It is set when the timer *counts* to the TBCL0 value.
111	Reset/Set	The output is reset when the timer *counts* to the TBCLx value. It is set when the timer *counts* to the TBCL0 value.

GENERACIÓN DE PWM (3)



GENERACIÓN DE PWM (4)

- Ejemplo usando el Timer A
  - TACCR0 = 32768 / 50; // 50 Hz frecuencia
  - TACTL = TASSEL_1 + MC_1; // ACLK, m. up
  - TACCTL1 = OUTMOD_7; // m. reset/set
  - P1DIR |= BIT2;
  - P1SEL |= BIT2;

TRABAJO PREVIO

- Estudiar capítulo 17 ADC12 del manual de usuario MSP430.
- Estudiar modos de salida del Timer.
- Diseñar 2 programas:
  - Voltímetro digital:
    - Visualizar en el display LCD las últimas k muestras (entrada análoga)
  - Control de ciclo de trabajo.
    - Generar una señal PWM de 64[Hz], con ciclo de trabajo x % o 100 – x % dependiendo de un pin de entrada.

EN EL LABORATORIO (1)

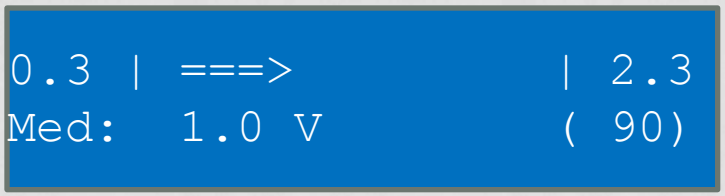
- Implementar el voltímetro digital
  - Utilizar un potenciómetro (5 - 50 [kΩ]) lineal.
- Implementar ADC vía canal único, conversión múltiple
  - Mostrar en LCD valor promedio, mínimo, y máximo.
- Usando un osciloscopio, demostrar programa de control de ciclo de trabajo.

EN EL LABORATORIO (2)

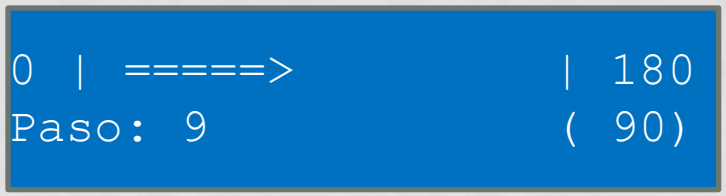
- Mediante un potenciómetro controlar la posición de un servomotor:
  - Usar promedio de últimas *k* muestras de *n* conversiones
  - Dado valores de voltaje m y M de referencia
    - Si entrada es menor a m -> P = 0°
    - Si entrada es mayor a M -> P = 180°

EN EL LABORATORIO (3)

- Mediante un potenciómetro controlar la posición de un servomotor:
  - Implementar un modo de prueba si un pin *p* de entrada está en alto
  - En el display se muestra:



P = 0



P = 1

EN EL LABORATORIO (2)

- Mediante un potenciómetro controlar la posición de un servomotor:
  - **Opcional**: LCD se apaga luego de x seg. si no se acciona el potenciómetro